

KORIŠTENJE ENERGETSKIH VODOVA U SVRHU KOMUNIKACIJE

Šumiga I., Hudek J.

Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Članak donosi prednosti i probleme elektroenergetskih vodova kao komunikacijskog medija. Prikazani su standardi i tehnike modulacije PLC, nekoliko najčešće korištenih protokola za razmjenu podataka te klasifikacija i dvije osnovne grupe modema kojima se realizira PLC: uskopojasne (narrowband) i širokopojasne (broadband).

Ključne riječi: Power Line Communication, PLC, Narrowband, Broadband, modem, modulacija, protokol

Abstract: The article gives a short overview of PLC technology: the advantages and problems of electro-energetic lines as a communication medium. The presented are the standards and techniques of PLC modulation; several of most frequently used protocols for data exchange; classification; and two basic groups of modems which are used for realization of PLC: narrowband and broadband.

Key words: Power Line Communication, PLC, Narrowband, Broadband, modem, modulation, protocol

1. UVOD

Ideja komunikacije preko elektroenergetske mreže (PLC - Power Line Communication) nije nova. Ostvarena je još u prvoj polovici prošlog stoljeća.

Najveća prednost korištenja elektroenergetske mreže u komunikacijske svrhe jest rasprostranjenost. Za razliku od telekomunikacijske mreže koja dobro pokriva samo razvijene zemlje, elektroenergetska mreža pokriva gotovo sva naseljena područja na svim kontinentima. Procjenjuje se da dopire do 95% svjetskog stanovništva. Najveći nedostatak je u tome što je elektroenergetska mreža projektirana za prijenos električne energije. Za razliku od vodova predviđenih za prijenos informacija, nije zaštićena od elektromagnetskog zračenja.

Do ozbiljnijeg prijenosa podataka preko energetskih vodova prihvatljivim brzinama trebalo je pričekati tehnološki razvoj brzih mikroprocesora, digitalnih procesora i specijalnih mikročipova za primjenu modulacijskih tehnika. One mogu u stvarnom vremenu ostvariti složene modulacijske postupke za pouzdan prijenos signala.

Napredak se osjetio posljednjih godina. Sve je više uređaja koji koriste PLC na tržištu i organiziraju se međunarodni skupovi kako bi promovirali PLC.

2. PROBLEM MEDIJA

Elektroenergetska mreža kao medij uključuje: energetske vodove, distribucijske transformatore, električna brojila, razvodne ormare, spojnice, osigurače, električne instalacije objekata i ožičenja različitih električnih uređaja. Svaki uređaj uključen na mrežu doprinosi povećanju smetnji tako da je to električki najjače onečišćeno okruženje.

PLC uređaji generiraju visokofrekvencijske signale i injektiraju ih u distribucijsku mrežu ili u kućne instalacije. Zbog toga se mogu pojaviti problemi interferencije s drugim uređajima priključenim na tu mrežu. Mogu se javiti i problemi utjecaja na druge sustave zbog zračenja elektromagnetskih valova s vodiča pobuđenih visokofrekvencijskim signalima. Zato energetska mreža za visokofrekvencijske signale predstavlja otvoren medij s kojega dosta energije ide u okolni prostor zračenjem.

Energetska mreža ima impedanciju koja se mijenja ovisno o njevoj konfiguraciji ili broju uključenih potrošača. Mjerenja pokazuju da se impedancija kućnih strujnih krugova povećava s frekvencijom. Impedanciju određuju uključeni potrošači, distribucijski transformator, a u kućnim mrežama i EMI (engl. Electromagnetic Interference) filteri koji se u posljednje vrijeme ugrađuju u kućanske strojeve i aparate (hladnjaci, strojevi za pranje rublja ili suđa, televizijski sistemi, hi-fi uređaji itd.). EMI ili RFI (engl. Radio Frequency Interference) je neželjena smetnja u strujnom krugu zbog elektromagnetskog zračenja iz nekog vanjskog izvora.

3. PROBLEM ŠUMA

Obično se u komunikacijskim sustavima za model šuma uzima AWGN (engl. Additive White Gaussian Noise). U PLC sustavima šum je bitno drukčijih karakteristika. Proizveden je ljudskom aktivnošću ili prirodnim procesima (npr. udari groma), dok je termički šum u opsegu do 30-ak MHz zanemariv u odnosu na ostale vrste šuma.

Šum PLC medija se može podijeliti u sljedeće grupe:

1. Pozadinski (engl. Background) šum uvijek je prisutan na mreži, a nije bijeli, na frekvencijama do 5 MHz, dolazi iz različitih izvora koje je teško identificirati. Spektralna gustoća mu je relativno niska u odnosu na

ostale vrste šuma, a vremenski se promjene događaju unutar intervala od više minuta ili više sati.

2. Uskopojasni šum najizraženiji je na frekvencijama iznad nekoliko MHz, a nastaje najčešće prijemom elektromagnetskih polja radijskih predajnika. To je modulirani sinusni signal pa je njegov spektralni sastav jednostavan, tipične spektralne širine od nekoliko kHz. Za PLC to je šum čiji intenzitet se mijenja tijekom dana i obično je veći tijekom noći. Ostali izvori uskopojasnog šuma su različiti elektronički uređaji široke potrošnje i uređaji za njihovo napajanje.

3. Šum koji je sinkroniziran s frekvencijom napona elektroenergetske mreže ili češće njenom dvostrukom vrijednošću, a potječe od različitih uređaja za napajanje i prekidačkih sklopova.

Najčešće su to tiristorski sklopovi, npr. tiristorski regulatori osvjetljenja ili pretvarači. Svaki tiristor generira impuls uvijek u istoj fazi periode ili poluperiode mrežnog napona. Zato je spektar takvog šuma sastavljen od harmonika velike amplitude osnovne frekvencije 50 ili 100 Hz.

4. Asinkroni periodički šum potječe od uređaja koji imaju sklopove za napajanje sa sjeckanjem napona (engl. switch mode), a to je danas većina elektroničkih uređaja koji se spajaju na niskonaponsku mrežu. Pošto switch mode sklopovi za napajanje rade na frekvencijama između 20 i 200 kHz, koje nemaju nikakve veze s naponom mreže, impulsi koje oni proizvode su periodični, ali nisu u korelaciji s frekvencijom mreže. Spektar šuma sadrži harmonike osnovne radne frekvencije. Oscilatori ovakvih sklopova često nisu osobito stabilni ni u vremenu, ni temperaturno, ni po opterećenju. Tipični uređaji sa switch mode napajanjem su televizori i računala. Asinkroni periodički šum javlja se od najnižih frekvencija do 30 MHz, a nekad i više.

5. Šum s kontinuiranim spektrom bez istaknutih stalnih spektralnih linija potječe od trošila s univerzalnim elektromotorima sa četkicama, npr. bušilica, ventilatora, fenova i sl. Brzina njihova rada i spektralna gustoća šuma ovisi o mehaničkom opterećenju. Mogu postojati malo istaknute spektralne linije na harmonicima trenutačne frekvencije preklapanja četkica, koja je vrlo promjenjiva u vremenu. Za komunikacijske sustave male širine pojasa ova vrsta šuma može se aproksimirati bijelim Gaussovim šumom. Nije značajan na frekvencijama iznad nekoliko MHz.

6. Pojedinačni impulsi nastaju npr. zbog udara groma, uključivanja i isključivanja kondenzatorskih baterija u trafostanicama, preklapanja termostata, različitih prekidača itd. Za njih je karakteristično da su nepredvidivi po trenutku nastajanja, trajanju, valnom obliku i amplitudi. Trajanja takvih impulsa kreću se od nekoliko mikrosekundi do više milisekundi.

4. STANDARDI

U otvorenim komunikacijskim sustavima moraju postojati zakonski pravilnici i norme kojima se definiraju tehnička svojstva i ponašanje svake komunikacijske jedinice, bez obzira na proizvođača. Jedna od najvećih prepreka širokoj primjeni PLC tehnologije je spor razvoj internacionalnih norma i standarda te razlika u standardizaciji u svijetu. Najvažniji parametri standarda su najveća dopuštena snaga prijenosa i dopušteni frekvencijski pojas kako bi se ograničila interferencija s drugim telekomunikacijskim uslugama i spriječilo prekomjerno zagađivanje energetske mreže.

Značajnija standardizacijska tijela koja donose regulativu da se ograniči snaga zračenja i spektra signala su:

-ITU-T (engl. International Telecommunication Union Standardization Sector)

-ETSI (engl. European Telecommunications Standards Institute)

-FCC (engl. Federal Communication Committee) – za američko tržište

-CENELEC (fran. Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)

Europska zajednica za elektrotehničke standardizacije (CENELEC) izdala je mnogo regulativa vezanih uz komunikaciju na niskonaponskim električnim instalacijama:

-EN50065-1 – norma koja regulira osnovne zahtjeve, frekvencijske pojase i elektromagnetske smetnje

-EN50065-4-2 – norma koja regulira niskonaponski filter i zaštitne mjere

-EN50065-7 – norma koja regulira impedancije uređaja

Za projektiranje PLC modema važno je definirati u kojem frekvencijskom opsegu se mogu prenašati signali. Budući da se u Sjevernoj Americi ne koristi LW (engl. Long Wave) radio frekventni pojas od 150 do 350 kHz, FCC je razvio standard koji dopušta frekvencijski pojas od 100 kHz do 450 kHz. U Japanu se mogu koristiti frekvencije od 10 kHz do 450 kHz. CENELEC EN 50065-1 za europsko tržište dopušta mnogo uže područje - od 3 do 148,5 KHz, prema tablici 1.

Tablica 1. Podjela frekvencija prema CENELEC EN 50065-1

Pojas	Frekvencije	Namjena
	3 kHz-9 kHz	Aplikacije distributera
A	9 kHz-95 kHz	Aplikacije distributera i njihovih suradnika
B	95kHz-125kHz	Privatne aplikacije(unutar objekta) bez ograničenja
C	125 kHz-140kHz	Privatne aplikacije(unutar objekta) uz korištenje protokola
D	140 kHz - 148.5 kHz	Privatne aplikacije(unutar objekta) bez ograničenja

CENELEC ne propisuje brzinu prijenosa ni modulacijsku shemu, ali uži frekventni spektar smanjuje kapacitet komunikacijskog kanala i brzinu prijenosa podataka. Uz to je i veća vjerojatnost da se zbog šumova i slabljenja signala dodatno smanji brzina ili čak u potpunosti prekine prijenos podataka.

5. TEHNIKE MODULACIJE

Modulacijske tehnike koje se primjenjuju u PLC tehnologijama brojne su i različite. Tradicionalno se koriste:

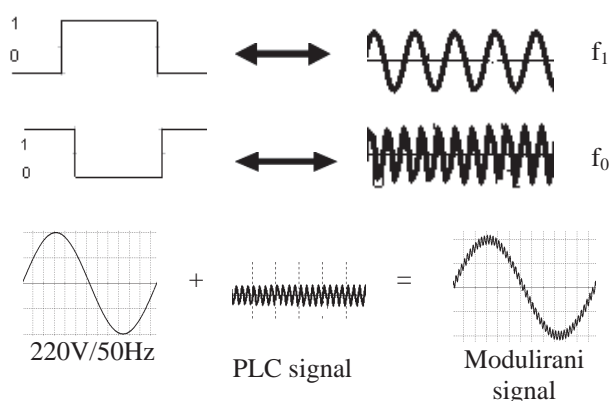
-ASK (engl. Amplitude Shift Keying), amplitudna modulacija – amplituda je kodirana informacija o podatku. Primjer je integrirani čip (Home automation modem) TDA 5051A tvrtke Philips

- FSK (Frequency Shift Keying) modulacijom digitalni signal se pretvara u sinusoidalni PLC signal koji ima dvije različite vrijednosti frekvencije: f_1 predstavlja logičku "1", a f_0 logičku "0" (slika 1.).

ASK i FSK modulacijom se mogu postići brzine prijenosa do 19.2 kbps (kilobita po sekundi). Zbog smetnji i prigušenja na realnoj energetske mreži, stvarno se postiže nekoliko kbps.

Jednostavan postupak dobivanja moduliranog analognog signala iz digitalnog prikazan je na slici 1.

Npr. FSK modulacijom digitalni signal se pretvara u visokofrekventni sinusoidalni PLC



Slika 1. Primjer FSK modulacije

signal (reda desetke ili stotine kHz) niske amplitude (nekoliko volti) koji se dodaje energetske signalu frekvencije 50 Hz (u Europi).

Konvencionalne modulacije - amplitudna, fazna i frekventna - najčešće se koriste u aplikacijama koje ne zahtijevaju velike brzine prijenosa podataka, a najznačajnija od takvih usluga je AMR (engl. Automatic Meter Reading). Ove modulacije su ostvarive i uz potpuno zadovoljenje CENELEC normi, a maksimalne brzine prijenosa koje se mogu ostvariti su 200 kbps.

Širokopojasne modulacije koriste frekvencijski pojas od 1,6 do 30 MHz i postižu brzine reda stotine mbps (megabita po sekundi). Još nisu potpuno standardizirane.

Izbor modulacije ovisi o konkretnoj aplikaciji. Najčešće se primjenjuju:

- OFDM (engl. Orthogonal Frequency Division Multiplexing) modulacija
- DSSS (engl. Direct-Sequence Spread Spectrum) Modulacija

OFDM je modulacija kojom se više signala različitih kompleksnih frekvencija (međusobno sinhronih i ortogonalnih) kombinira u jedan i tako povećava propusnost podataka uz štednju frekvencijskog spektra. Ovom tehnikom se postižu visoke brzine prijenosa.

DSSS (engl. Direct-Sequence Spread Spectrum) (tehnika raspršenja spektra) za modulaciju signala koji nosi informaciju koristi pseudo slučajni niz nezavisan od signala informacije. Time se postiže raspršivanje spektra signala na puno šire frekvencijsko područje od početne širine spektra signala. Spektar signala se prije prijenosa "raspršuje", a na prijemnoj strani se sažima. Raspršivanje pseudo slučajnim nizom omogućuje korištenje medija za prijenos elektromagnetskih valova od strane više korisnika zbog male gustoće snage signala. Zbog velikog broja mogućih različitih pseudo slučajnih kodova, onemogućeno je prisluškivanje, što je naročito zanimljivo za vojne primjene.

Širokopojasni PLC poznat kao BPL (Broadband over Power Lines) se u realizaciji susreće s problemima premošćivanja transformatora, neprilagođenošću električnih vodova za prijenos visokofrekventnih signala, interferencijom, sigurnošću itd.

Kako su energetske transformatori namijenjeni transformaciji napona frekvencije 50/60 Hz, signali frekvencija nekoliko desetaka MHz nemaju veliku šansu da prođu kroz njih. Zato bi transformatore trebalo premostiti za visokofrekventne signale, a to je vrlo skupo. U Europi se s jednog transformatora napaja više stotina domaćinstva (u SAD-u se s jednog transformatora napaja 1 do 10 kućanstva, u Japanu do 30 kućanstva) pa bi i trošak prilagodbe bio najmanji. Zato bi u Europi prijenos sa srednjenaponske mreže na niskonaponsku mrežu do krajnjeg korisnika ekonomski bio najisplativiji. Daljnji problem je snažna atenuacija visokofrekventnih signala i jaki šumovi. Budući da vodovi nisu oklopljeni, ponašaju se kao antene. BPL koristi frekvencije na kojima se nalazi kratkovalni radio i niži dio VHF (engl. Very High Frequency) područja. BPL bi stoga mogao učiniti pojedine servise potpuno neupotrebljivima (radioamateri, vojska, aviokompanije). Zato se radioamateri i druge servisne službe diljem svijeta protive uvođenju BPL. Upravo je taj problem najčešći razlog za odustajanje od uvođenja BPL tehnologije. Jedno od predloženih rješenja za radio interferenciju je upotreba mikrovalnih frekvencija (od 2 do 20 GHz) i brzine od 216 Mbps. Tu bi se izbjeglo interferiranje s frekvencijama radio amatera, ali bi se mogla dogoditi interferencija s frekvencijama radio astronoma od 13 MHz do 275 GHz i brojnim ISM (engl. Industrial, Scientific and Medical) aplikacijama.

6. PROTOKOLI

Protokoli su skup pravila kojima je definirano kako će međusobno komunicirati različiti uređaji kroz zajednički komunikacijski medij. Ovdje će biti objašnjene osnovne značajke nekoliko protokola koji su prisutni na europskom i američkom tržištu.

X-10 je jedan od najstarijih protokola za komunikaciju preko linija napajanja. Koristi amplitudnu modulaciju za prijenos informacija. Iako je u početku osmišljen za jednosmjernu komunikaciju (za kontrolu osvjjetljenja i kućnih električnih aparata preko elektroenergetskih vodova), naknadno je proširen na dvosmjernu. Predajnik šalje osam bitni podatak frekvencije 120 kHz koji je ukomponiran u val nosilac, sinusni signal 50 Hz gradske mreže. Kod svakog prolaska sinusoide kroz nulu, detektira se jedan bit podatka. Zato svi X-10 predajnici i prijemnici sadrže sklop koji detektira prolaz sinusnog napona mreže kroz nulu (zero crossing) u svrhu sinhronizacije. Zbog povećanja pouzdanosti i točnosti prijenosa podatka koji se šalju, X-10 protokol zahtijeva da se svaki sklop podatka šalje dva puta. Najveći nedostatak X-10 je mala brzina prijenosa podataka pa se koristi uglavnom za prijenos upravljačkih signala. Najčešće se koristi u „pametnoj kući“.

X-10 tehnologija je najraširenija i najjeftinija tehnologija za ostvarenje kućne automatizacije. Prednost ove tehnologije je i u postojanju velikog broja jednostavnih uređaja. Najviše je zastupljena na američkom tržištu.

LonTalk komunikacijski protokol je komponenta mrežne platforme koju je razvila tvrtka Echelon devedesetih godina prošlog stoljeća pod nazivom LonWorks. Ova platforma je razvijena da zadovolji potrebe modernih sustava automatskog upravljanja. Za razliku od klasične arhitekture mreže sa serverom, koji je često usko grlo sustava, LonWorks koristi komunikacijski protokol baziran na „per to per“ komunikaciji između uređaja. To znači da uređaji međusobno komuniciraju ravnopravno i direktno.

LonWorks tehnologiju čine sljedeće komponente:

- Neuron čip – upravljački mikroprocesori i transceiveri
- LonTalk komunikacijski protokol
- LonWorks Network Services (LNS)

Neuron čipovi hardverski implementiraju slojeve 2-6 OSI (engl. Open Systems Interconnection Basic Reference Model) referentnog modela [11], što olakšava razvoj novih aplikacija za upravljačke mreže koje koriste LonWorks tehnologiju.

Programska implementacija protokola LonTalk je sadržana u ROM-u (engl. Read Only Memory) svakog neuron mikroprocesora, a parametri specifični za karakteristične aplikacije pohranjuju se u RAM (engl. Random Access Memory) rezerviran upravo za te parametre.

LonWorks Network Services (LNS) je skup alata i programa za instalaciju, održavanje, nadgledanje i upravljanje interoperabilnim LonWorks upravljačkim mrežama.

Takvi alati omogućuju udaljeni nadzor i parametrisiranje upravljačke mreže, kao i konfiguraciju uređaja spojenih u mrežu, snimanje aplikacijskih programa i parametara na uređaje spojene u mrežu, prijavu grešaka i sl. LNS također omogućuje integraciju sustava upravljanja s ostalim informacijskim sustavima pa danas LonWorks arhitektura podržava klijente većine operacijskih sustava. PLT-22 Power Line Transceiver firme Echelon predstavlja jednostavno i jeftino rješenje za implementaciju LonWorks tehnologije.

CEBus (engl. Consumer Electronics Bus) je komunikacijski protokol nastao krajem 80-tih godina prošlog stoljeća. Stvoren je u suradnji članova društva EIA (engl. Electronic Industries Alliance) kao protokol s više mogućnosti i boljim karakteristikama od tada jedinog postojećeg X-10 protokola.

Intellon je proizveo uređaje koji koristeći CEBus služe za upravljanje kućnom automatizacijom.

Svi mediji CEBus protokola prenose podatke brzinom oko 8 kbps. Mogu prenositi analogne ili digitalne signale. CEBus protokol koristi „per to per“ komunikacijski model. Fizički sloj CEBus komunikacijskog protokola temeljen je na tehnologiji raspršenja spektra.

EIB (engl. European Installation Bus) je vodeći svjetski sustav inteligentnih električnih instalacija kojem je cilj postupno zamijeniti tradicionalne električne instalacije. EIB sustav preuzima brigu i kontrolu nad svim funkcijama u objektu namijenjenom za boravak ljudi. Sustav EIB je fizički baziran na sabirnici, dok je podatkovno okrenut prema standardnim OSI slojevima. Kod ovog tipa sabirnice montažu cijelog sustava mogu obaviti i nekvalificirani monter i jednostavnom izmjenom postojećih utičnica i prekidača EIB modulima.

EIB sabirnice spajaju se po tzv. slobodnoj topologiji, dakle u mrežu koja može biti ostvarena kao bilo koja kombinacija zvjezdaste, prstenaste i sabirničke mrežne topologije.

EHS protokol pojavio se 1992. godine i predstavlja opsežnu specifikaciju za otvoreni komunikacijski protokol namijenjen kućnoj automatizaciji. Definira komunikaciju i način dijeljenja resursa kućanskih uređaja. Modularna funkcionalnost omogućuje korisniku da počne ugrađivati samo nužne aplikacijske jedinice, a da kasnije prema potrebi nadograđuje sustav s novim jedinicama.

Konnex je najpoznatiji europski komunikacijski protokol nastao 1997. spajanjem triju tada najraširenijih protokola: Batibus Club International (BCI), European Installation Bus Association (EIBA) i European Home Systems Association (EHSA)

Cilj Konnex udruženja je da se stvori standard za kućnu automatizaciju koja pokriva potrebe europskih rezidencijalnih i profesionalnih instalacija. Taj standard slijedio bi gotovo cijelo tržište tako da oprema raznih proizvođača može raditi zajedno.

Taj novi standard donio bi poboljšanja u:

- povećanju korištenja kućne automatizacije u područjima kao što je kontrola klimatizacije i HVAC (engl. heating, ventilating, and air conditioning)
- poboljšanje mogućnosti drugih komunikacijskih medija, uglavnom RF (engl. Radio Frequency)
- predstavljanju novih načina rada koji dopuštaju Plug&Play pristup mnogim zajedničkim uređajima u kući
- kontaktiranje pružatelja usluga kao što su telekomunikacijske kompanije i naponske tvrtke radi održavanja kućnog daljinskog upravljanja i kućne automatizacije.

Cilj je kombinirati EIB, EHS i BatiBus tehnologije radi kreiranja jedinstvenog, kvalitetnog europskog standarda.

Tehnologije koje koriste spomenuti protokoli uglavnom su prilagođene određenim aplikacijskim područjima, ali ni jedna ne pokriva sva područja. KNX tehnologija omogućava po prvi put zajedničku sabirničku platformu prilagođenu svim aplikacijama u kućnim i industrijskim okruženjima.

7. KLASIFIKACIJA I PRIMJENA PLC

PLC tehnologija se može s obzirom na naponsku razinu elektroenergetske mreže podijeliti na:

- niskonaponski PLC-primjena na vodovima do 400V
- sredjenaponski-primjena na vodovima do 50 kV
- visokonaponski-primjena na vodovima od 50 do 400kV
- PLC na električnim instalacijama zgrade

S obzirom na područje primjene:

- za energetske PLC usluge -TK usluge za potrebe elektroprivredne djelatnosti
- za pristupne mreže PLC usluge - TK usluge u pristupnim internet mrežama, tj. mrežama koje povezuju krajnjeg korisnika na mrežu. Najčešće su usko grlo komunikacije zbog malog kapaciteta
- za kućne PLC usluge

S obzirom na brzinu komunikacije:

- uskopojasni PLC-brzina prijenosa informacija reda veličine do stotinjak kbit/s
- širokopojasni PLC-brzina prijenosa informacija reda veličine Mbit/s

Frekvencijska područja od interesa za primjenu u PLC sustavima u Europi:

- od 3 kHz do 148,5 kHz – pojas namijenjen za uskopojasne primjene, standardiziran u CENELEC-ovoj normi
- od 1 MHz do približno 10 MHz (standardizacija nije dovršena) – pojas namijenjen za širokopojasne pristupne sustave na vanjskim razdjelnim elektroenergetskim mrežama (od transformatorske stanice x/400 V do objekta)
- od približno 10 MHz do 30 MHz (standardizacija nije dovršena) – pojas namijenjen za širokopojasne komunikacije u unutarnjim instalacijama kuća i zgrada.

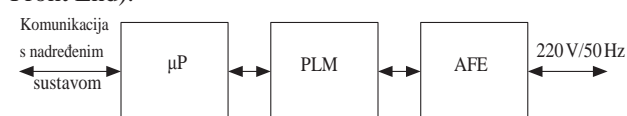
Uskopojasni PLC se koristi za:

- daljinsko očitavanje brojila telemetrija i AMR (Automatic meter reading) - električnih, plinskih, vodovodnih i dr.
- kontrola udaljenih uređaja (ulične rasvjete)
- nadzor i kontrola proizvodnje i potrošnje električne energije
- dinamičko tarifiranje
- automatizacija domova i poslovnih zgrada: automatizaciju regulacije grijanja i klima uređaja, regulacije osvjetljenja u sobama, osiguranje i alarmiranje i dr.

Uskopojasni PLC se koristi u sustavima s jednostavnim upravljanjem kratkim naredbama pa brzina prijenosa modema nije najvažniji parametar.

Danas je na tržištu prisutan velik broj različitih modema. Jedni za modulaciju i demodulaciju koriste specijalni integrirani krug prema slici 2.

Mikroprocesor (μP) ima funkciju komunikacije prema nadređenom sustavu (npr. PC računalu) i upravljanje modemom (PLM) koji pretvara digitalni signal u analogni i obratno definiranim modulacijskim/demodulacijskim postupkom. Između PLM i energetske mreže nalazi se sklop koji mora galvanski odvojiti signal od visokog napona, odlazni signal injektirati na energetske i dolazni signal što više očistiti (isfiltrirati) za pretvorbu u digitalni. Taj sklop se naziva AFE (Analog Front End).



Slika 2. Blokova shema Power Line Modema

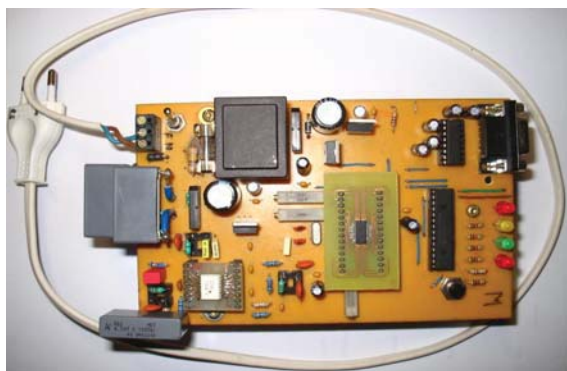
Drugi modemi koriste DSP (digital signal procesore) tako da modulaciju i demodulaciju obavlja softver. Razlika u odnosu na prethodni je u tome što DSP zamjenjuje mikroprocesor i transceiver, a programski algoritmi obrade signala povećavaju fleksibilnost modema.

Na slici 3. je prikazan 28-pinski Power Line Transceiver (primopredajnik) tvrtke ST Microelectronics, ST 7540.



Slika 3. Power Line Transceiver ST 7540 [9]

Na slici 4. prikazan je modem baziran na ST 7540, upravljan mikrokontrolerom 16F876 tvrtke Mikrochip realiziran na Veleučilištu u Varaždinu. Napravljena su dva modema. Jedan je povezan s nadređenim PC računalom preko serijske RS 232 veze i drugim modemom preko energetskih vodova. Drugi modem upravlja na temelju primljenih podataka uz pomoć mikrokontrolera.



Slika 4. Uskopojasni PLC modem [9]

Uskopojasni modemi prisutni su na tržištu Europe i SAD-a već više godina. Prednost im je što su jednostavniji, nemaju problema sa zakonskom regulativom, a nedostatak im je relativno uski frekvencijski pojas i mala brzina.

Širokopojasni PLC se koristi za:

- pristup internetu i prijenos podataka velikim brzinama
- govornu komunikaciju (VoIP)
 - VoIP predstavlja integraciju konvencionalnih telefonskih servisa s brojnim IP (engl. Internet Protocol) baziranim aplikacijama;
 - prijenos govora u IP mrežama za telekom operatera je jedna od najvažnijih tehnologija jer može značajno smanjiti troškove komunikacije
- video na zahtjev VoD i IPTV
 - IPTV (Internet Protocol Television) -distribucija TV programa u stvarnom vremenu korištenjem širokopojasnih IP mreža (engl. multicast servis)
 - VoD (Video on Demand) - distribucija video sadržaja preko širokopojasnih IP mreža na zahtjev korisnika i u vrijeme koje korisnik odredi (engl. unicast servise)
- kućne PLC usluge
 - upravljanje kućanskim aparatima
 - sigurnost-alarmani sistemi
 - kućna njega
 - automatizacija doma
 - zabava
 - štednja energije

Širokopojasni modemi sve više se pojavljuju na tržištu nudeći različite uloge. Sklopovski i programski su složeniji od uskopojasnih i nude puno veće brzine rada.

Slika 5. prikazuje dva integrirana modema:

- a) INT 6000 tvrtke INTELLON koji koristi OFDM modulaciju max. brzine 200Mbps
- b) DSS9010 tvrtke DS2 koji koristi OFDM modulaciju max. brzine 200Mbps



Slika 5. Integrirani širokopojasni PLC modemi

8. ZAKLJUČAK

Prepreka u razvoju PLC je sam medij, elektroenergetski vodovi koji su, osim što posjeduju jake smetnje generirane od svih priključenih potrošača, predviđeni za prijenos energije, a ne i komunikacijskih signala. Problem ekspanziji primjene je veći broj neujednačenih PLC standarda različitim tržištu. Napredne modulacijske tehnike i protokoli uspješno rješavaju probleme brzine komunikacije. Kod PLM visokih brzina i frekvencija problem je elektromagnetsko zračenje u okolinu. Modemi kojima se realizira PLC mogu se svrstati u dvije osnovne grupe: jednostavnije, uskopojasne (Narrowband) koji se koriste manjim brzinama prijenosa uglavnom za upravljačke podatke i širokopojasne (Broadband) koji velikim brzinama mogu prenositi različite vrste informacija.

9. LITERATURA

- [1] www.eihp.hr/~gmajstro/CIGRE%202003Power%20line%20communication.pdf
- [2] www.domotics.com/homesys/HSPapers/EHSpromo.htm
- [3] <http://www.knx.org/knx-standard>
- [4] www.x10.com/support/technology1.htm
- [5] <http://www.homeplug.org>
- [6] <http://www.plcforum.org>
- [7] www.archnetco.com
- [8] www.plexeon.com
- [9] www.st.com
- [10] www.viste.com/LON/tools/Power-Line/PLT22A.pdf
- [11] <http://spvp.zesoi.fer.hr/predavanja/sli-des/osi.pdf>
- [12] N.Pavlidou, A.J.Han Vinck, J.Jazdani, B.Honary: "Power Line Communications: State of the Art Future Trends", IEEE Communications Magazine, April, 2003
- [13] M.Katajama, T.Yamazato, H.Okada: "A Mathematical Model of Noise in Narrowband Power Line Communication Systems", IEEE Journal of selected areas in communications, vol.24, no.7 July 2006
- [14] Zajc, Sernec, Suljanović, Mujčić, Tasić, "Širokopojasni dostop po energetskih vodih", Proceedings of ERK 2004,
- [15] Harald Dalichau and Wolfgang Taeger, Description of the Technology and Comparisons of the Performance of two different Approaches for a Powerline Modem in the CENELEC-Band. Polytrax Information Technology AG.

Kontakt:

Mr. sc. Ivan Šumiga, dipl. ing.

Križanićeva bb, 42 000 Varaždin

Tel: 098/467 761; e-mail: ivan.sumiga@velv.hr